

## 寒天・アルジネート連合印象による歯型の 三次元的寸法精度に及ぼす隣在歯の影響

鈴木 郁男

### Influence of Adjacent teeth on the Three-dimensional Accuracy of Die Obtained from Agar-alginate Combined Impressions

Ikuo SUZUKI

The purpose of this study was to elucidate the influence of adjacent teeth with natural morphology on the three-dimensional accuracy of the bridge die obtained from agar-alginate combined impressions. In this study, three kinds of cartilage type agar impression materials, 3 kinds of alginate impression materials combined with these agar impression materials and one kind of dental stone were used. The metal cast was composed of the original abutment tooth cast, a mounting plate and its fixture. This cast was made from a model of the bridge taking into consideration the estimated defect of mandibular 1st molar while the original abutment tooth cast was tapered by 8 degrees, and the form of cervical margin was chamfered. A model tooth made from the 1st premolar was set on the 2nd premolar proximal side and a model tooth from the 2nd molar instead of the 3rd molar on the 2nd molar distal side. These model teeth were attached and fixed to the cast model using an adhesive resin after determining the attachment site by referring to the anatomical morphology. The impression taking and dental stone manipulation were carried out according to the manufacturer's recommended instructions. One hour after the initiation of the dental stone mixing, the die including mounting plate fixture was removed from the impression and submitted to the determination after 24 hours. The original abutment tooth cast and the die were measured by means of a three-dimensional coordinate measuring system.

The results obtained were as follows.

1. The proximal-distal width of the cervical margin of abutment tooth die was significantly reduced by the influence of adjacent teeth.
2. The distance between the outside edge of the bridge abutment teeth was also significantly reduced by the influence of adjacent teeth.
3. Due to the influence of adjacent teeth, the median distance between the two abutment teeth tended to reduce, with the bigger change on the bottom than on the top suggesting an altered tooth axis.
4. The adjacent teeth undercut was seen to have a great influence on the dimensional accuracy of the abutment tooth die.

受付：平成15年7月14日，受理：平成15年10月16日  
奥羽大学歯学部歯科理工学講座  
(指導：長山克也教授)

Department of Dental Materials Science, Ohu  
University School of Dentistry  
(Director : Prof. Katsuya NAGAYAMA)

# 5. The strength of the adhesivity of agar impression material to alginate impression material was seen to have a great influence on the dimensional accuracy of the impression accompanying adjacent teeth.

Key words : agar-alginate combined impressions, dimensional accuracy, three-dimensional coordinate measuring system, adhesive strength

## 緒 言

歯科精密鑄造における修復物の鑄造精度は原型に対して±0.1%以下の精度で適合すること<sup>1)</sup>,あるいは合着した時のセメント被膜の厚さは30~40 μmを目標<sup>2)</sup>とされる。鑄造精度に優れた修復物を作製するためには,まず寸法精度に優れた歯型が必要である。歯型作製のために今日の一般臨床の保存,補綴修復の領域で最も多く使用されている印象法は寒天・アルジネート連合印象法<sup>3)</sup>である。寒天・アルジネート連合印象による歯型の寸法精度に関する研究<sup>4~17)</sup>は多く,シリコンラバー印象材と同等で臨床使用上支障がないという報告<sup>4)</sup>もあるが,ゴム質印象材には劣る<sup>5~8)</sup>あるいは寸法増加が大きいという報告<sup>9)</sup>もある。一般臨床においては,症例の難易度により印象材,印象法を選択している場合もあるが,インレーからブリッジまですべての症例に寒天・アルジネート連合印象法を採用している臨床家も多い<sup>3)</sup>。寒天・アルジネート連合印象法は略式法で精密印象には入らないととらえられている面がある<sup>3)</sup>にもかかわらず,この印象法の使用頻度が高いのは,練和や印象採得などの操作性,材料のコストなどの点が考慮されての結果であると思われる。

また寒天・アルジネート連合印象による歯型を用いて作製された修復物の適合性について,インレーやアンレーに関する評価の見解はほぼ一致しているが,クラウンやブリッジ,とくにブリッジにおいては大きな見解の相違が見られる<sup>3)</sup>。これは歯型作製以後の操作過程の影響も考えられるが,歯型の寸法精度の影響も考えられ,とくにクラウンやブリッジの歯型の場合,隣在歯の影響が大きいのではないかと考えられる。しかし,隣在歯の有無がブリッジ歯型の寸法精度に及ぼす影響については不明な点も多く,またその因子や歯型のど

の部位に影響を及ぼすかについての詳細は明らかにされていない。また寒天・アルジネート連合印象によるブリッジ歯型の寸法精度について,臨床に近い条件である天然歯形態を有する人工歯を隣在歯として設置し,三次元的に検討を加えた報告は見受けられない。

そこで本研究においては寒天・アルジネート連合印象法によりブリッジの印象採得を行い,天然歯形態を有する隣在歯の有無がブリッジ歯型の寸法精度に及ぼす影響とその因子,および歯型のどの部位の寸法精度に大きな影響を及ぼすかを明らかにすることを目的に,金型原型と歯型を三次元座標測定システムを使用して測定し,寒天・アルジネート連合印象法の注意点についても検討を加えた。

## 材料と方法

### 1. 実験材料

実験には3種のカートリッジタイプの寒天印象材と,この寒天印象材と組み合わせたアルジネート印象材3種および硬質石膏1種を使用した(表1)。使用した寒天印象材とアルジネート印象材の組み合わせは,いずれも発売業者の推奨した組み合わせである。以下,各材料は表中の略号を用いて標記する。

表1 実験材料

製品名(略号)	製造者	Lot No.
寒天印象材	AJ オムニコ	08125068
	DL デントロケミカル	1706214
	AL オムニコ	020717A
アルジネート印象材	CA GCアメリカ	092999A
	AF GC	0205081
	AZ 三金	360-317
印象材の組み合わせ		
1, AJ+CA	2, DL+AF	3, AL+AZ
硬質石膏	GC	0205131

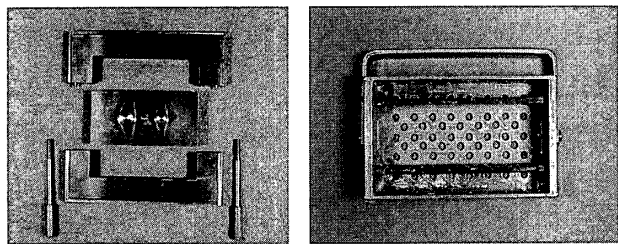


図1 使用した金型およびトレー

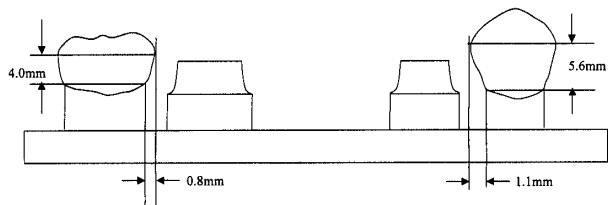
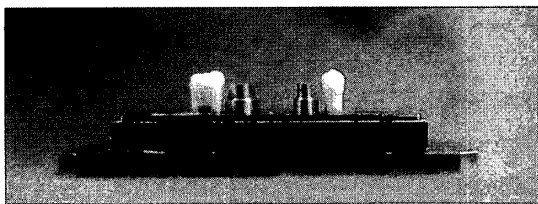


図2 測定用原型

## 2. 金型原型

金属原型は図1左に示すように支台歯原型、台座、台座固定台により構成した。これらは全てステンレス鋼で作製し、台座と台座固定台はガイドピンを付けてネジ止めで固定できるようにし、支台歯原型は台座に埋め込み固定式とした。この原型は下顎第1大臼歯欠損を想定したブリッジを模式化したもので、支台歯原型はテーパー8°、歯頸部辺縁形態はシャンファーとした。また支台歯原型の第2小臼歯近心側には遠心側アンダーカット量1.1mmの第1小臼歯の模型歯(A5-500 34, ニッシン)、第2大臼歯遠心側には第3大臼歯の代用として近心側アンダーカット量0.8mmの第2大臼歯模型歯(A5-500 37, ニッシン)が植立できるようにした(図2)。支台歯原型と隣在歯との位置関係は第2小臼歯および第2大臼歯の歯冠幅径<sup>18)</sup>、歯冠部削除量<sup>19)</sup>、下顎歯列弓形態<sup>20)</sup>を参考に設定し、接着性レジン(スーパーボンドC&B, サンメディカル)を用いて接着固定した。なお試験歯列は左側とした。

## 3. 印象用トレー

真鍮製のトレー外枠は金型の台座固定台の外周

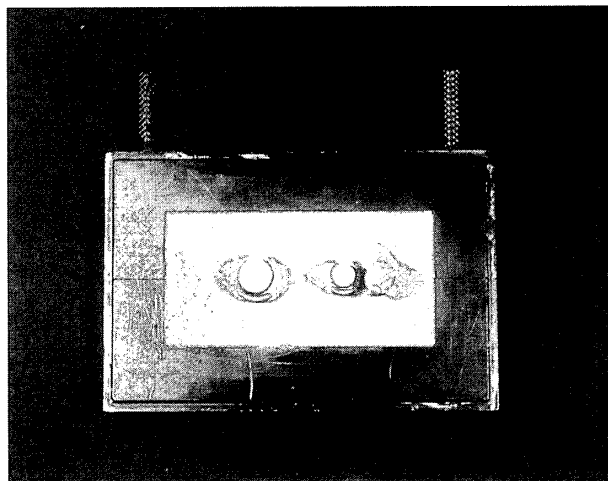


図3 測定用模型

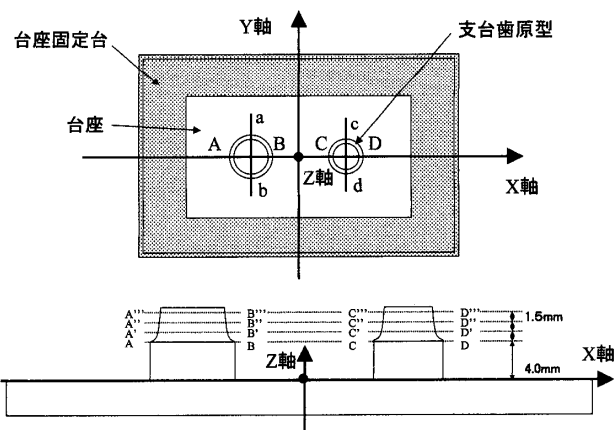


図4 金型原型の測定部位

に付けた深さ2mmの溝と緊密に適合するように設計した。トレー外枠の長辺方向と平行な中央部に、市販のトレーの下顎臼歯印象部の幅を参考に、約28mmの間隔でアクリル板(有孔)を設置して印象用トレーとした(図1右)。トレーの外枠と台座固定台が緊密に適合したとき、金型支台歯原型は印象用トレーの中央部に位置するように設計した。

## 4. 印象採得

金型原型を温度37℃、湿度約100%の恒温恒湿室内に10分以上保管した後、この恒温恒湿室内で印象採得を行った。寒天はまずコンディショナーの沸騰槽に入れ、沸騰後9分経過した後、64℃の貯蔵槽に移し、10分以上経過したものを使用した。アルジネート印象材はCAについては28.5g、AFは33.6g、AZは30gの粉末に対し、メーカー指定の混水比で10秒間手練和した後、練和器

(TORNADO舞2, ヨシダ)にて13秒間機械練和を行った。なお、練和水は5℃に冷却した蒸留水を使用した。印象操作は、練和したアルジネート印象材を有孔トレーに填入し、64℃に保持した寒天ゾルで支台歯原型を被覆した後、直ちにトレーを圧接した。練和開始から10分後に小型万能試験機(1310DW, アイコーエンジニアリング)を用いて台座固定台の平面に対し垂直方向に撤去した。

### 5. 歯型の作製

印象用トレーを撤去した後、直ちに支台歯原型が固定されている台座を台座固定台から外し、再び印象用トレーを台座固定台の溝に合わせて緊密に再装着した。次にメーカー指定の混水比で練和した硬質石膏を印象内に注入して歯型を作製した。硬質石膏の練和開始から1時間後に歯型を台座固定台ごと印象から撤去(図3)し、24時間後に寸法測定に供した。試料数は各印象ごとに隣在歯の植立条件についてそれぞれ3個ずつとした。

### 6. 支台歯原型および歯型の寸法測定

支台歯原型および歯型寸法の測定は高速CNC三次元座標測定システム(XYZAX RVA600, 東京精密)を用いて行った。

座標原点の決定は、支台歯原型を装着した台座および台座固定台を三次元座標測定機に装着固定し、その平面6点からX-Y平面を決定した。次に台座固定台側面のX-Y平面に平行な長辺方向の3点からX軸を決定した後、長辺の長さを測定しその中点を求め、さらに短辺の長さを測定しその中点を求めた。X-Y平面上で長辺方向の中点と短辺方向の中点との交点を原点とした(図4)。

歯型の寸法精度を検討する方法としてはいくつかの方法が報告されている<sup>4,6,8,9,13)</sup>が、本研究においては隣在歯の影響を究明するため大庭<sup>4)</sup>、大澤<sup>13)</sup>の方法を用いた。支台歯原型および歯型の寸法測定は、修復物をワンピースキャスト法で作製することを想定し、両支台歯および歯型の近遠心、頬舌的直径方向の寸法、第二小臼歯遠心外側縁と第二大臼歯近心内側縁の支台歯内側縁間距離(B-C間距離と略す)、第二小臼歯近心外側縁と第二大臼歯遠心外側縁の支台歯外側縁間距離(A-D間距離と略す)について、歯頸部辺縁から

Z軸+方向に1.5mm間隔でX-Y平面上の4平面の各点の測定を行った(図4)。また、支台歯原型に対する歯型の形態変化の測定は、猪原<sup>5)</sup>の方法を参考に、寸法変化測定のとくと同様にZ軸+方向に1.5mm間隔でX-Y平面上の4平面について、近心支台歯は歯頸部辺縁56点、Z軸+方向に1.5mm間隔の4平面の円周上をそれぞれ45点、43点、42点、遠心支台歯も同様に73点、58点、57点、56点の測定からそれぞれの歯型概形を記録し、支台歯原型に対する形態変化について比較を行った。

また、各平面の測定点から得られる円の中心を求めて支台歯の中心とし、近心および遠心支台歯中心間距離を求めて歯軸の変化を調べた。

### 7. 寒天印象材とアルジネート印象材との接着強さ

外径25mm、内径10mmのエポキシレジン的一端に直径6mmの穴を空けた両面テープを接着し、他方からアルジネート印象材を填入した後、印象材の平面が両面テープと同一面になるようにスパチュラで余剰のアルジネート印象材を除去した。一方、外径9mm、内径7mmのガラス管の一端には穴の空いていない両面テープを接着し、他方から寒天印象材をガラス管よりやや多めに填入した。寒天の填入完了直後(アルジネート印象材の練和開始から30秒後)、填入開始から30秒後および60秒後に、6mmに規定したアルジネート印象材の接着面にガラス管内の寒天印象材面を接合させ、10分後に接着強さ試験に供した。接着強さ試験は小型万能試験器(1310DW, アイコーエンジニアリング)を使用し、クロスヘッドスピード1mm/minの条件で圧縮剪断接着強さを求めた。各印象材の組み合わせによりそれぞれ5個の試料を作製し、試験に供した。

### 8. 寒天印象材とアルジネート印象材の永久ひずみの測定

寒天印象材に関するJIS-T 6512およびアルギン酸塩印象材に関するJIS-T 6505の永久ひずみ試験法に則り、各印象材の永久ひずみを測定した。

### 9. 石膏の表面粗さ

ガラス板(Ra:0.019)上に外径18mm、内径15mm、高さ5mmのガラス管を置き、ガラス管内に寒天印象材を填入した。填入完了から10分後に印象

表2 金型原型の寸法

A''-B''	8.055	C'''-D'''	5.556
A''-B''	8.273	C''-D''	5.774
A'-B'	8.479	C'-D'	5.984
A-B	10.946	C-D	7.960
a'''-b'''	8.041	c'''-d'''	5.550
a''-b''	8.264	c''-d''	5.765
a'-b'	8.478	c'-d'	5.977
a-b	10.943	c-d	7.957
A'''-D'''	27.297	B'''-C'''	13.686
A''-D''	27.516	B''-C''	13.469
A'-D'	27.731	B'-C'	13.268
A-D	29.954	B-C	11.048

(mm)

表3 隣在歯の有無による歯型(Ⅴ)の寸法変化

印象材	隣在歯	測定部位	原型に対する寸法変化(%)	
			頬舌方向 (a-b)	近遠心方向 (A-B)
AJ+CA	なし	8.5mm	0.15(0.20)	0.12(0.20)
		7.0mm	0.09(0.18)	0.06(0.03)
		5.5mm	0.25(0.10)	0.31(0.08)
		4.0mm	0.06(0.16)	0.21(0.43)
	あり	8.5mm	0.42(0.17)	0.12(0.02)
		7.0mm	0.39(0.30)	0.21(0.12)
		5.5mm	0.55(0.26)	0.13(0.08)
		4.0mm	0.23(0.16)	-0.04(0.29)
DL+AF	なし	8.5mm	0.14(0.03)	0.28(0.04)
		7.0mm	0.22(0.16)	0.29(0.07)
		5.5mm	0.26(0)	0.55(0.02)
		4.0mm	0.13(0)	0.39(0.28)
	あり	8.5mm	-0.08(0.22)	-0.14(0.37)
		7.0mm	-0.10(0.14)	-0.12(0.56)
		5.5mm	-0.03(0.17)	-0.08(0.30)
		4.0mm	-0.09(0.21)	-0.05(0.04)
AL+AZ	なし	8.5mm	-0.56(0.15)	-0.47(0.15)
		7.0mm	-0.56(0.16)	-0.42(0.16)
		5.5mm	-0.25(0.05)	0.04(0.05)
		4.0mm	-0.23(0.01)	-0.26(0.01)
	あり	8.5mm	0.04(0.17)	-0.38(0.27)
		7.0mm	-0.11(0.11)	-0.35(0.34)
		5.5mm	-0.14(0.11)	-0.23(0.24)
		4.0mm	-0.20(0.13)	-0.39(0.24)

( )=S.D.

表4 隣在歯の有無による歯型(Ⅶ)の寸法変化

印象材	隣在歯	測定部位	原型に対する寸法変化(%)	
			頬舌方向 (a-b)	近遠心方向 (A-B)
AJ+CA	なし	8.5mm	0.27(0.14)	0.15(0.24)
		7.0mm	0.15(0.05)	0.15(0.10)
		5.5mm	0.33(0.10)	0.30(0.13)
		4.0mm	0.10(0.12)	0.19(0.18)
	あり	8.5mm	0.29(0.13)	0.01(0.11)
		7.0mm	0.43(0.24)	0.11(0.19)
		5.5mm	0.59(0.20)	0.18(0.13)
		4.0mm	0.36(0.20)	-0.01(0.12)
DL+AF	なし	8.5mm	-0.11(0.14)	0.05(0.07)
		7.0mm	-0.04(0.16)	0.04(0.22)
		5.5mm	0.18(0.13)	0.41(0.16)
		4.0mm	0.24(0.05)	0.23(0.12)
	あり	8.5mm	-0.30(0.10)	-0.28(0.15)
		7.0mm	-0.12(0.14)	-0.45(0.04)
		5.5mm	0.05(0.13)	0(0.47)
		4.0mm	-0.06(0.17)	-0.17(0.25)
AL+AZ	なし	8.5mm	-0.32(0.15)	-0.36(0.09)
		7.0mm	-0.33(0.03)	-0.24(0.07)
		5.5mm	-0.11(0.14)	0.01(0.25)
		4.0mm	-0.43(0.16)	-0.14(0.13)
	あり	8.5mm	-0.10(0.19)	-0.28(0.23)
		7.0mm	0.10(0.18)	-0.21(0.24)
		5.5mm	0.14(0.21)	-0.13(0.10)
		4.0mm	0(0.12)	-0.34(0.21)

( )=S.D.

に24時間静置した後に表面粗さを測定した。測定には表面粗さ形状測定装置(サーフコム590A, 東京精密)を使用し, 測定長さ4.0mm, カットオフ0.8mmの条件で中心線平均粗さを求めた。1個の試料につき3カ所, 3個の試料について測定を行った。

## 10. 統計処理

隣在歯の有無による歯頸辺縁からZ軸十方向のX-Y4平面上における歯型の近遠心および頬舌的寸法変化, 寒天印象材とアルジネート印象材との接着強さに関する平均値の差の検定は一元配置分散分析により, 各印象材の永久ひずみ, 石膏模型の表面粗さの検定はt検定を行った。

## 結 果

### 1. 金型支台歯原型の寸法

表2に三次元座標測定システムを用いて測定し

材をガラス管ごと撤去し, 同じサイズのガラス管をガラス板の印象面側に装着した後, 歯型作製のとときと同条件で練和した石膏を注入した。石膏の練和開始から1時間後に印象から撤去し, 大気中

表5 外側および内側縁間距離の隣在歯の有無による寸法変化

印象材	隣在歯	測定部位	原型に対する寸法変化(%)	
			外側縁間距離 (A-D)	内側縁間距離 (B-C)
AJ+CA	なし	8.5mm	0.04 (0.05)	-0.05 (0.09)
		7.0mm	0.04 (0.04)	-0.03 (0.07)
		5.5mm	0.06 (0.04)	-0.02 (0.08)
		4.0mm	0.01 (0.12)	-0.32 (0.35)
	あり	8.5mm	-0.03 (0.04)	-0.03 (0.12)
		7.0mm	-0.06 (0.12)	-0.10 (0.33)
		5.5mm	-0.06 (0.04)	-0.19 (0.26)
		4.0mm	-0.14 (0.01)	-0.32 (0.25)
DL+AF	なし	8.5mm	0.03 (0.01)	-0.03 (0.01)
		7.0mm	0.06 (0.05)	-0.02 (0.08)
		5.5mm	0.17 (0.03)	-0.15 (0.06)
		4.0mm	0.08 (0.15)	-0.42 (0.10)
	あり	8.5mm	-0.08 (0.02)	0.03 (0.25)
		7.0mm	-0.22 (0.06)	-0.08 (0.25)
		5.5mm	-0.11 (0.10)	-0.25 (0.20)
		4.0mm	-0.18 (0.10)	-0.27 (0.06)
AL+AZ	なし	8.5mm	-0.12 (0.02)	0.15 (0.07)
		7.0mm	-0.09 (0.04)	0.13 (0.06)
		5.5mm	-0.04 (0.12)	-0.11 (0.03)
		4.0mm	-0.11 (0.01)	0.02 (0.10)
	あり	8.5mm	-0.12 (0.05)	0 (0.30)
		7.0mm	-0.14 (0.09)	-0.01 (0.31)
		5.5mm	-0.19 (0.13)	-0.22 (0.27)
		4.0mm	-0.29 (0.14)	-0.17 (0.39)

( )=S.D.

た金型支台歯原型の寸法を示した。以後、この測定値を歯型の寸法変化に対する基準値とした。

## 2. 隣在歯のない歯型の寸法変化と形態変化

歯型およびブリッジ支台歯間距離の寸法変化の測定結果を表3～5に示す。

AJ+CAの組み合わせの場合、両支台歯歯型の寸法はすべて膨張し、近遠心的には歯頸部は歯型上部より大きな膨張を示したが、頬舌的にはこのような傾向は見られず、両方向の寸法変化の方向差は小さかった。また両支台歯のB-C間距離は短くなり、A-D間距離は大きくなっていった。金型原型に対する歯型の形態変化について、Z軸十方向の各測定部位における形状を図5に示す。歯型の形態には大きな変化は見られず、やや近心支台歯歯型が遠心側に変位していた。さらに両支台歯の中心間距離はZ軸の原点に近い歯型下部は金型原型より短く、Z軸十方向（歯型上部）では金型

原型より長くなった（表6）。

DL+AFの組み合わせの場合も、近遠心的にはAJ+CAの組み合わせの場合と同様な寸法変化の傾向を示したが、頬舌的には異なる傾向を示し、両方向の寸法変化の方向差はやや大きくなった。しかし、形態変化の傾向（図6）はAJ+CAと同様であった。さらに両支台歯の中心間距離もAJ+CAの場合と同様な傾向を示した（表6）。

AL+AZの組み合わせの場合、両支台歯歯型の寸法変化はAJ+CA、DL+AFの組み合わせの場合と傾向としては同様であったが、近遠心的に歯型中央部がわずかに膨張していただけで、歯型の寸法はすべて収縮傾向を示した。また頬舌方向と近遠心方向の寸法変化の方向差はほぼDL+AFと類似したものであった。さらに両支台歯歯型のB-C間距離は歯型中央部歯頸よりの部位は短くなったが他の測定部位では長くなり、A-D間距離はすべて短くなっていった。また、歯型の形態もAJ+CA、DL+AFの組み合わせの場合と異なり歯型は収縮傾向を示し、とくに近心支台歯歯型の近心側の変形が大きかった（図7）。さらに、両支台歯の中心間距離もAJ+CA、DL+AFの組み合わせの場合と同様な寸法変化の傾向であったが、Z軸のいずれの測定部位においても金型原型より小さくなった（表6）。

## 3. 隣在歯のある歯型の寸法変化と形態変化

歯型およびブリッジ支台歯間のB-C間距離、A-D間距離の寸法変化の測定結果を同じく表3～5に示す。

AJ+CAの場合、近心支台歯歯型のZ軸方向における寸法変化は、歯頸部付近の近遠心的な寸法は隣在歯のない場合よりやや小さくなり、頬舌的には大きくなった。また両方向の寸法変化の方向差も隣在歯のない場合より大きくなった。遠心支台歯歯型のZ軸方向における寸法変化の傾向も、近遠心的には収縮し、頬舌的には膨張して、両方向の寸法変化の方向差も隣在歯のない場合より大きくなった。また、支台歯間のB-C間距離、A-D間距離はいずれも短くなった。金型原型に対する歯型の形態変化について、Z軸十方向の各測定部位における形状を図8に示す。近心および遠心支台歯歯型の形態はともに近遠心的には収縮し、頬

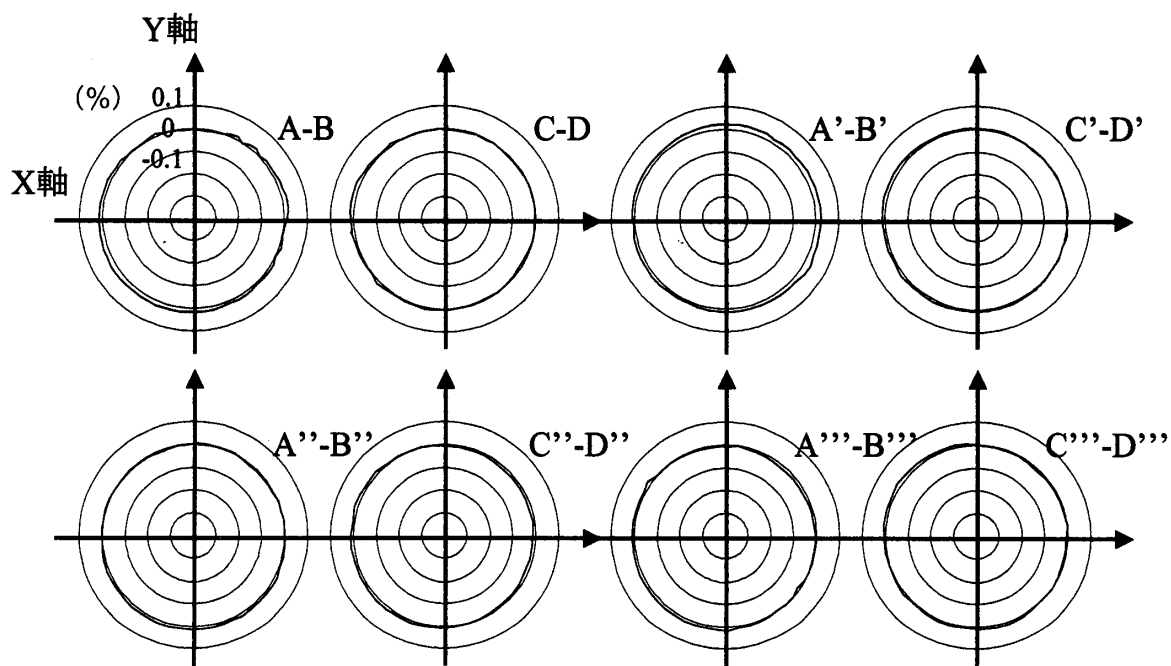


図5 隣在歯のない場合の歯型の形態変化 (AJ+CA)

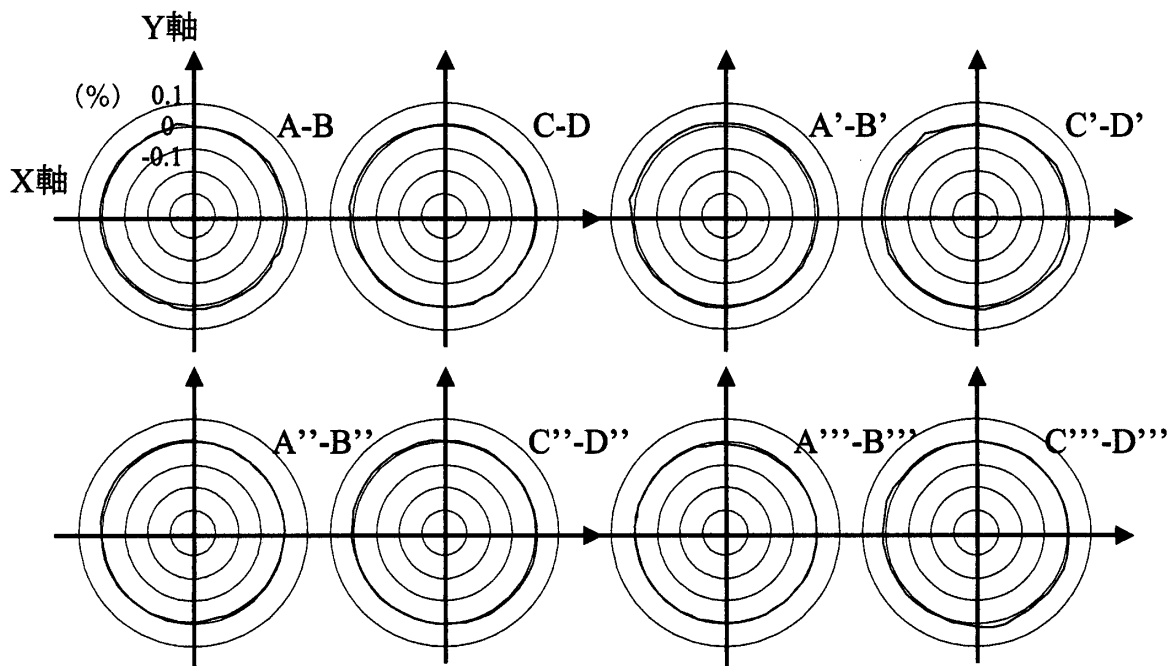


図6 隣在歯のない場合の歯型の形態変化 (DL+AF)

舌的には膨張しており、全体的には楕円形を呈する変形が見られ、歯頸部付近 (Z軸 4, 5.5mm) ではより大きな変形がみられた。さらに、両支台歯の中心間距離は隣在歯のない場合よりさらに短くなり、その傾向は歯型下部において大きく、歯型

上部では小さかった (表6)。

DL+AFの組み合わせの場合も近心支台歯歯型のZ軸方向における寸法は、近遠心的、頬舌的ともに隣在歯のない場合より小さくなり、その傾向は頬舌的方向より近遠心的方向が大きかった。遠

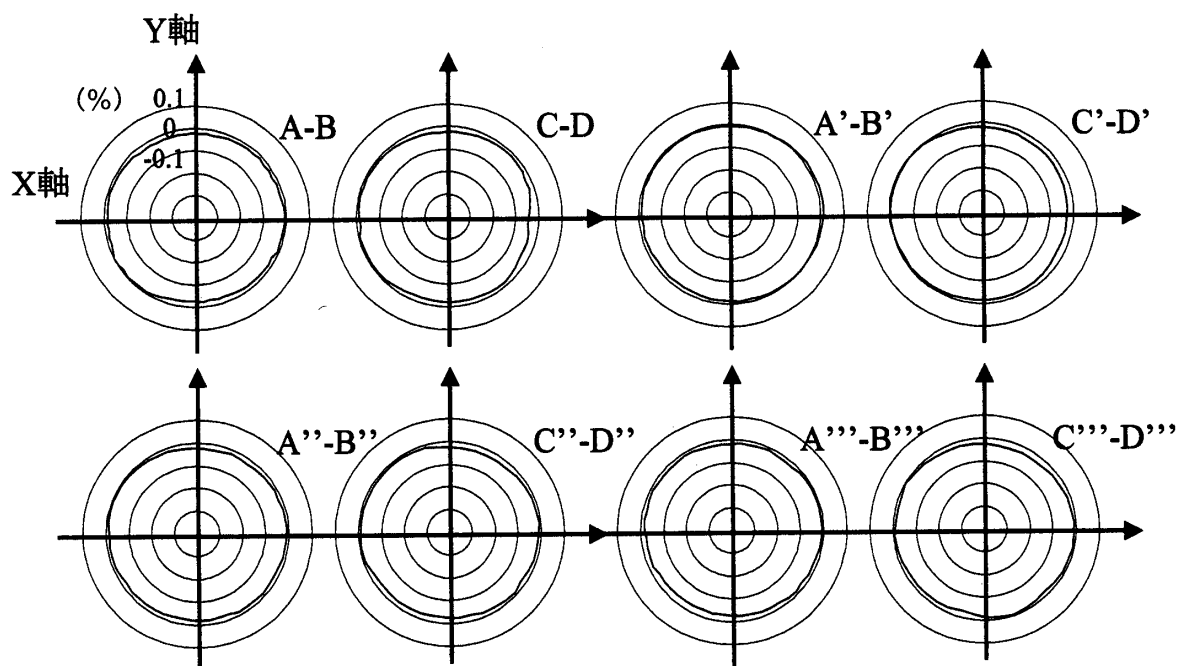


図7 隣在歯のない場合の歯型の形態変化 (AL+AZ)

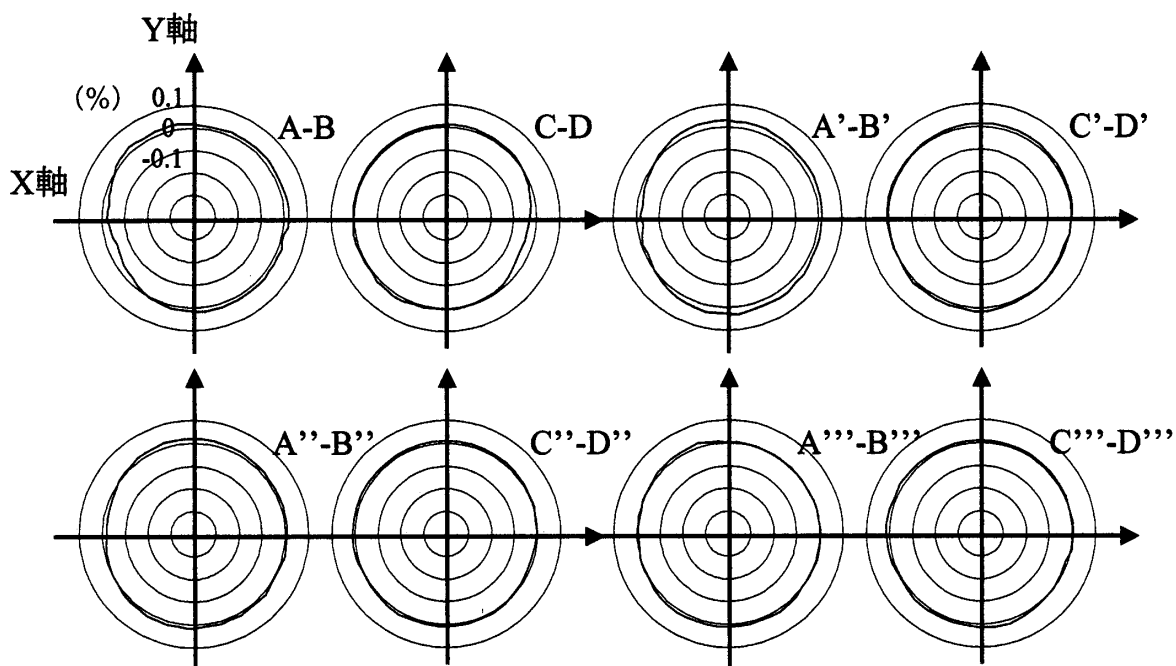


図8 隣在歯がある場合の歯型の形態変化 (AJ+CA)

心支台歯歯型のZ軸方向における寸法変化の傾向も、近遠心、頬舌的ともに隣在歯のない場合より収縮し、両方向の寸法変化の方向差も大きくなった。また、両支台歯間のB-C間距離は歯頸部では短く、歯型上部では長くなっていたが、A-D間距

離はいずれも短くなった。金型原型に対する歯型の形態変化はAJ+CAの場合とほぼ同じであったが、遠心支台歯歯型は遠心側に収縮による変形がみられ、とくに歯頸部でその傾向が強かった(図9)。さらに、両支台歯の中心間距離はAJ+CA



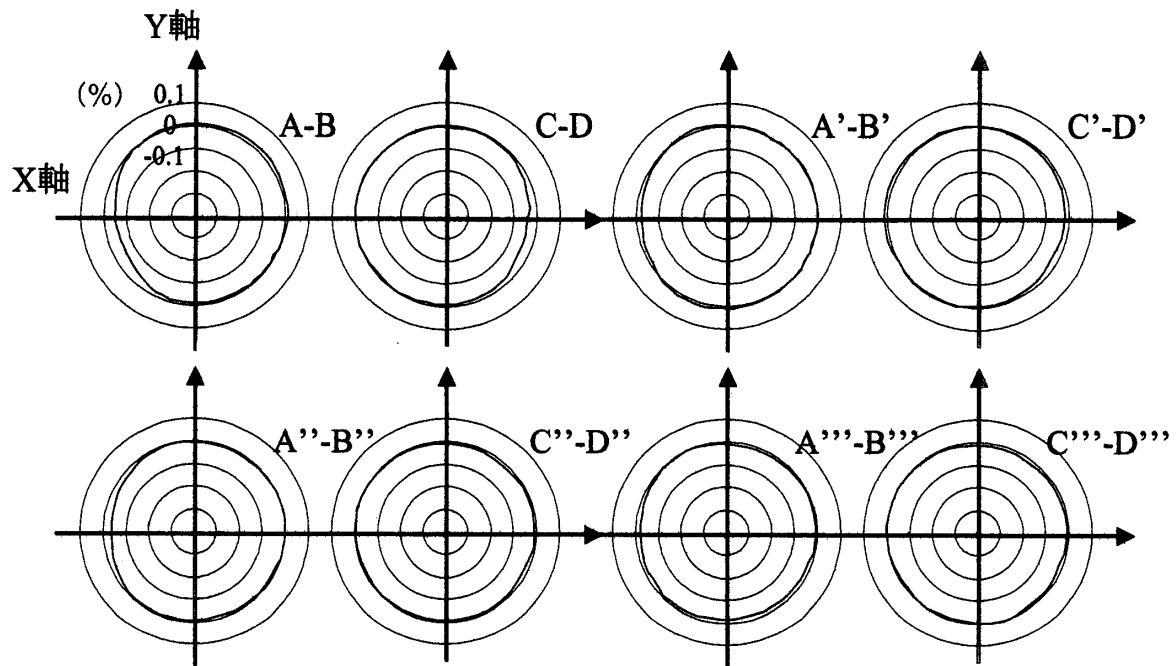


図9 隣在歯がある場合の歯型の形態変化 (DL+AF)

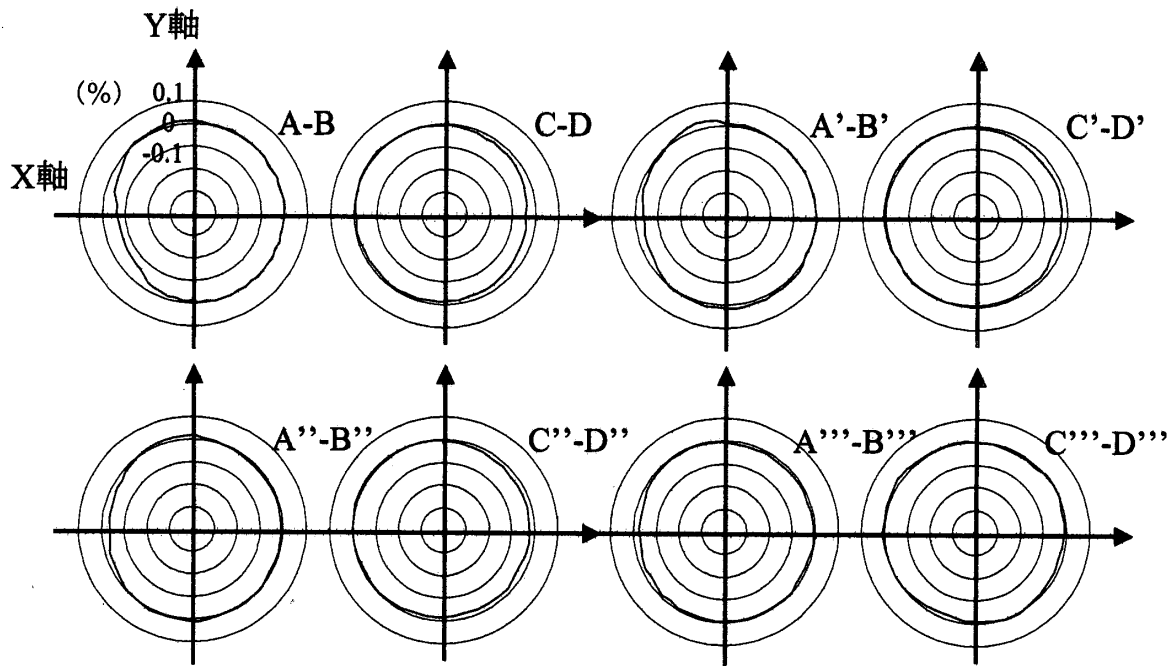


図10 隣在歯がある場合の歯型の形態変化 (AL+AZ)

の場合と同様の傾向を示し、隣在歯のない場合よりさらに短くなった (表6)。

AL+AZの組み合わせの場合も、近心支台歯歯型のZ軸方向における寸法変化は、他の2種の組み合わせの場合と同様な傾向を示し、隣在歯のない

場合より近遠心的には収縮、頬舌的には膨張していた。また両方向の寸法変化の方向差も他の2種の組み合わせの場合と類似した傾向を示した。遠心支台歯歯型の寸法変化の傾向は、隣在歯のない場合と比較して近遠心的にはやや収縮し、頬舌

表6 両支台歯の中心間距離

条件 Z軸	AJ+CA		DL+AF		AL+AZ	
	隣在歯 なし	隣在歯 あり	隣在歯 なし	隣在歯 あり	隣在歯 なし	隣在歯 あり
A'''-B'''	2	-5	5	-11	-6	-12
A''-B''	3	-15	6	-33	-4	-21
A'-B'	-5	-27	-2	-35	-13	-41
A-B	-17	-50	-10	-45	-15	-53

(μm)

表7 隣在歯の有無により寸法精度に有意差の認められた測定部位

A'''-B'''	-	C'''-D'''	-	A''-D''	※	B''-C''	-
A''-B''	-	C''-D''	-	A'-D'	※	B'-C'	-
A'-B'	-	C'-D'	※	A-D	※	B-C	-
A-B	※	C-D	※				

※:  $p < 0.05$  で有意差有り

表8 寒天印象材とアルジネート印象材の接着強さ

組合せ	時間	接着強さ (kPa) Mean (S. D.)	
AJ+CA	直後	92.4 (36.0)	※
	30秒後	76.1 (19.2)	
	60秒後	27.0 (3.9)	
DL+AF	直後	74.0 (9.8)	※
	30秒後	74.0 (8.2)	
	60秒後	41.2 (13.1)	
AL+AZ	直後	75.4 (4.6)	※
	30秒後	58.6 (4.2)	
	60秒後	11.7 (2.3)	

※:  $p < 0.05$  で有意差有り

表9 寒天, アルジネート印象材の永久ひずみ

	永久ひずみ (%) Mean (S. D.)	
AJ	1.05 (0.36)	※
DL	0.93 (0.03)	
AL	1.07 (0.06)	
CA	1.72 (0.26)	※
AF	1.20 (0.09)	
AZ	1.13 (0.10)	

※:  $p < 0.05$  で有意差有り

表10 歯型の表面粗さ (Ra)

	表面粗さ (μm) Mean (S. D.)	
AJ	1.10 (0.04)	※
DL	0.77 (0.12)	
AL	0.90 (0.14)	

※:  $p < 0.05$  で有意差有り

的にはやや膨張する傾向を示した。また, 両支台歯間のB-C間距離は歯頸部付近では短くなっていたが, 歯型上部では大きな変化はみられなかった。しかし, A-D間距離はいずれも短くなっており, とくに歯頸部でその傾向が強かった。金型原型に対する歯型の形態変化は近心支台歯歯型, 遠心支台歯歯型ともに歯頸部で変形がみられ, 近遠心的に狭窄した形状を示していた (図10)。さらに, 両支台歯の中心間距離は他の2種の組み合わせの場合と同様の傾向であったが, Z軸の原点に近い歯型中央部まではさらに隣在歯のない場合より短くなった (表6)。

#### 4. 歯型の寸法精度についての検定結果

表7に金型原型に対する隣在歯の有無による寸法精度についての検定結果を示す。近心支台歯歯型に関してはZ軸: 4.0mm (歯頸辺縁) と5.5mmにおいて, 遠心支台歯歯型に関してはZ軸: 4.0mm (歯頸辺縁) の部位で近遠心的な寸法変化に危険率5%で隣在歯の有無による有意差が認められた。一方, 両支台歯歯型のA-D間距離ではZ軸: 4.0mm (歯頸辺縁), 5.5mm, 7.0mm, 8.5mmの各部位において危険率5%で隣在歯の有無による有意差が認められた。

#### 5. 寒天印象材とアルジネート印象材の接着強さ

寒天印象材とアルジネート印象材の接着強さを表8に示した。いずれの組み合わせにおいても寒天印象材の注入からアルジネート印象材を圧接するまでの時間が経過すると接着強さは減少し, 直後と60秒後, 30秒後と60秒後においてはすべて危険率5%で有意差が認められた。

#### 6. 寒天印象材, アルジネート印象材の永久ひずみ

使用したすべての印象材はJIS規格 (寒天印象材:  $\leq 1.5\%$ , アルジネート印象材:  $\leq 5\%$ ) を満足していたが寒天印象材に関してはDLとAL, アルジネート印象材においてはCAとAF, CAとAZの間に危険率5%で有意差が認められた (表9)。

#### 7. 歯型の表面粗さ

使用した寒天印象材と硬質石膏の組み合わせによって得られた歯型の表面粗さ (Ra) の結果を表10に示した。Raは0.77から1.10の間にあり,

AJとDLには危険率5%で有意差が認められた。

## 考 察

歯科精密鑄造による修復物の作製工程は多岐にわたり鑄造精度に影響を及ぼす因子も多いため、どの工程が最も不適合の要因になるかを検討することは困難である。鑄造物作製工程を大きく分けると、印象採得および作業模型の作製工程とワックスアップから鑄造までの工程に分けることができる。そこで本研究では印象採得から作業模型の作製工程における寸法精度について寒天・アルジネート連合印象によりブリッジ金型を印象し、天然歯形態を有する隣在歯のある場合と隣在歯のない場合について比較検討し、隣在歯が歯型の寸法精度に及ぼす影響とその因子、さらに歯型のどの部位にその影響が現れるかについて検討した。

### 1. 歯型作製および測定方法について

一般に印象材としては付加型シリコン印象材が寸法精度や細部再現性などの点で優れており<sup>21-23)</sup>、とくにブリッジの印象採得には適していると考えられる。しかし本実験では寒天・アルジネート印象法が最も多く臨床で使用されている実態を背景に、これらの寸法精度について再検討した。

使用した硬質石膏はこれまでの報告<sup>24)</sup>を参考にして選択した。

寸法精度の測定には高速CNC三次元座標測定システムを使用した。これは座標原点を決定することにより歯型の寸法精度および変形を精度よく測定でき、定量化ができること、形状を立体的に捕らえることができることなどの特徴をもっているためである。しかし三次元座標測定システムを応用する場合、原点の設置基準が大きな問題となる。本研究では平口<sup>25)</sup>の報告を参考に、金型本体と金型台座が同一平面となるように設計した金型を作製し、この平面をX-Y平面と規定することで原点の決定を行った。

隣在歯とその植立位置は歯列や歯の傾斜のない正常な場合を想定し、解剖学的な形態を有する模型歯と支台歯の近遠心的幅径を参考に設定した。したがって臨床的な症例としてはあまり多くないかもしれないが、あくまで正常な歯列、傾斜をした隣在歯について検討することにより、他の症例

についても考察できると考えた。

実際の印象採得操作はメーカーの指示に従ったが、支台歯が2本あるため寒天の注入開始からアルジネート印象材の圧接までにはかなりの時間を要する。そこで本実験においては臨床現場の操作手順に近づけるため2人一組で印象操作を行った。

歯型の寸法精度については大庭<sup>4)</sup>、大澤<sup>13)</sup>の報告を参考に、歯型の頬舌方向と近遠心方向の膨縮量の方向差による変形度を用いて検討した。これは印象採得時の印象材の収縮方向と収縮量に及ぼす隣在歯の影響が頬舌方向と近遠心方向では異なり、その影響が方向差となって現れると考えられるためである。また、その臨床的許容範囲は0.1%以下とされており<sup>26)</sup>、これを評価の指標とした。

### 2. 寸法精度に及ぼす隣在歯の影響について

隣在歯のない場合と比較して隣在歯がある場合の歯型の変形度は、すべての印象材、すべての測定部位において大きくなっていた(表3, 4)。これは隣在歯の影響により歯型の近遠心的幅径は小さくなり、頬舌的幅径は大きくなる傾向を示し、歯型が楕円形に変形したことを示している。この変形はZ軸上における形態変化(図8~10)にも表れていた。寒天・アルジネート印象法による歯型の寸法変化についてはこれまでの研究<sup>5, 6, 8, 9, 11, 17, 27)</sup>でも種々報告されているが、本研究のように歯型が楕円形の変形を示したことに関して、隣在歯として円柱状の金型を使用した平口<sup>27)</sup>の報告によれば、印象撤去時の変形に加えて、頬舌側部はアルジネート印象材のトレー方向への収縮の影響を受け、近遠心径は寒天印象材の求心的な収縮の影響を受けているためと考察している。本実験ではアンダーカットのある天然歯形態の隣在歯を使用しているため、これら印象材の収縮の影響とアンダーカットにより撤去時には近遠心的に印象材が圧縮応力を受け、頬舌的には曲げ応力を受けるため、その影響が歯型の変形となって強く表れたものと考察される。

歯型の寸法変化は隣在歯の有無により、とくに歯頸部の近遠心的幅径にその影響が大きかった。シリコン印象材を用いた川和<sup>28)</sup>の報告によれば歯型の近遠心径の変形量はアンダーカットの大き

さに比例すると述べており、本研究においても同様の傾向がみられた。本研究に用いた隣在歯のアンダーカット量は近心側の模型歯で1.1mm、遠心側の模型歯で0.8mm（図2）である。アンダーカットが大きければ印象撤去時の近遠心的な隣在歯側の圧縮変形も大きくなるため残留ひずみも大きくなる可能性があり、頬舌的に受ける曲げ応力も大きくなる。そのため最もアンダーカットの影響を受ける歯頸部の近遠心的幅径の変形度にその影響が大きく、また近心歯型歯頸部の変形度が遠心歯型歯頸部より大きくなる傾向を示したものと考えられる。

本研究においてはアンダーカットの大きさを変えた実験は行っていないが、少なくとも正常歯列で傾斜のない隣在歯であっても歯型の歯頸部の寸法精度には大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

さらにZ軸上の各X-Y平面におけるブリッジ支台歯の歯型の形態も隣在歯のない場合（図5～7）とある場合（図8～10）の比較では、歯型の近遠心、頬舌的幅径の測定値および変形を反映したものであった。

また、その他の変形原因を調べるため印象材の永久ひずみを測定した結果（表9）、寒天印象材ではDLとAL、アルジネート印象材ではCAとAF、CAとAZとの間に有意差が認められた。しかし、この結果は歯型の変形を立証する根拠とは言えないと考えられる。即ち、本実験で印象撤去時に各印象材にどの程度の圧縮ひずみが生じたかは分からないが、歯型の変形度の結果との関連性は認められないことから、印象材の違いによる永久ひずみの影響ではないものと考察される。

また歯型の表面粗さ（表10）も影響がない。したがって、他の変形原因としては寒天とアルジネート印象材との接着強さが考えられる。変形度が大きかったAL+AZの接着強さを他の組み合わせ（AJ+CA、DL+AF）と比較すると、他の組み合わせでは寒天印象材注入30秒後までにアルジネート印象材を圧接した場合は、直後に圧接した場合と有意差のない良好な接着強さを示している（表8）。本研究の場合ブリッジの印象採得のため

寒天注入開始からアルジネート印象材の圧接までには多少の時間が必要であった。AL+AZでは、寒天注入開始からアルジネート印象材の圧接までの時間の経過につれて接着強さが有意に減少するため、撤去時の内部応力と、さらには陰圧<sup>10,29)</sup>の影響により接着力が影響を受け大きな変形を示したものと考えられる。寒天・アルジネート連合印象法により寸法精度に優れた印象を得るための両者の接合強さについては、印象撤去時の内部応力の関係から王<sup>30)</sup>は500g/cm<sup>2</sup>程度、橋本<sup>31)</sup>は約300g/cm<sup>2</sup>としており、これ以上の接合強さが必要であることを示唆している。実験方法が異なるため直接の比較はできないが、本研究の結果では、AL+AZの接着強さは30秒後でもこれらの報告より大きな接着強さ（58.6KPa）を示した。しかし、変形度はこれまでの報告<sup>5,6,11,13,17,27)</sup>やAJ+CA、DL+AFより大きかった。したがって寒天・アルジネート連合印象に必要な接着強さは印象撤去時の内部応力だけでなく、陰圧の影響も大きいいため、両者を合わせた応力に耐える接着強さが必要であることが示唆された。また寒天印象材の注入開始からアルジネート印象材の圧接までは可及的に速やかに行うことが寸法精度に優れた印象を得るための条件であることも示唆される。

他の測定部位で隣在歯の有無により寸法精度に有意差が認められたのは両支台歯のA-D間距離であった。隣在歯のない場合のA-D間距離は金型原型より大きくなっていった（表5）。これは近遠心的に両支台歯間の印象材層の厚さより支台歯外側の印象材層の方が厚いため、印象材の硬化時収縮と石膏の硬化膨張によりA-D間距離が長くなったものと考えられる。一方、隣在歯のある場合は印象材の収縮が支台歯に及ぼす影響が異なり、両支台歯外側の印象材の収縮が支台歯に及ぼす影響は隣在歯によって抑制され、近心隣在歯の近心側と遠心隣在歯の遠心側にその影響が現れるものと考えられる。したがって両支台歯の寸法は両支台歯間の印象材の厚さと支台歯と隣在歯間の印象材の厚さの影響を受けると考察される。さらに猪原<sup>10)</sup>の報告のようにアンダーカットにより支台歯と隣在歯間に存在する印象材は撤去時に圧縮応力を受けるため内部ひずみが残留すること、さらに寒天と

アルジネート印象材との弾性回復速度の違いにより接着界面に生じる残留応力により支台歯の隣在歯側に変形が起こりA-D間距離が短くなったことも原因として考えられる。

また、支台歯の中心間距離が歯頸部から歯型上部に向かってやや外開きの傾向が認められた(表6)。これは両支台歯のA-D間距離が隣在歯の影響により短くなり、その距離の減少は歯頸部付近で大きく、歯型上部では小さかったことや両支台歯の形態の変形が考えられる。すなわち、歯型は隣在歯の影響により近遠心的に収縮し、その影響は隣在歯側歯頸部で大きく、頬舌的には膨張した楕円形を呈するため、金型原型と比較して仮想の円の中心間を測定した両支台歯の中心間距離が外開きの形状になったものと考えられ、その結果として歯軸の変形が示唆された。

以上のことから寒天・アルジネート連合印象によるブリッジ歯型の寸法精度は隣在歯の影響により、支台歯歯型の歯頸部と両支台歯の外側縁間距離(A-D間距離)に有意に影響を受けることが明らかとなり、また歯軸の変形も示唆された。さらに、これらの現象に及ぼす因子として寒天印象材とアルジネート印象材の組み合わせと接着強さの影響が示唆された。

### 3. 総 括

寒天・アルジネート連合印象法により歯型を作製する場合、これらの材料の硬化時の特性から印象材は収縮、歯型材は膨張する。したがって、この印象法から得られた歯型を用いてブリッジを作製する場合、合金の鋳造収縮を埋没材の膨張で理論的に完全に補償するとしたとき、 $\pm 0.1\%$ の適合度や $30\sim 40\mu\text{m}$ のセメント被膜となる精度に優れた修復物をワンピースキャスト法で作製するために必要な歯型の条件は、支台歯歯型と支台歯外側縁間距離の寸法変化は原型に対して膨張傾向で可及的に0に近いことが、また内側縁間距離は収縮傾向で可及的に0に近いことが望ましく、その臨床的許容範囲は $0.2\%$ 以下とされている<sup>4)</sup>。本研究では隣在歯のない場合は、これらの条件をほぼ満足する歯型が得られた印象材の組み合わせもあったが、隣在歯のある場合の印象ではこれらの条件を満足する歯型は全く得られなかった。寒天・ア

ルジネート連合印象法を用いて作製された、ブリッジの適合性に関する評価の見解<sup>3)</sup>に大きな違いが見られたのは、評価の基準の相違も考えられるが、本研究のように隣在歯の有無など症例の違いや印象材の組み合わせなどがその理由の1つであると考えられる。

以上のことから、臨床において隣在歯のあるブリッジの症例を寒天・アルジネート連合印象法を用いて寸法精度に優れた歯型を作製することはかなり困難であることが示唆された。また隣在歯のない場合でも印象材の組み合わせが極めて重要で、接着強さの大きい組み合わせを選択すること、寒天印象材の注入からアルジネート印象材の圧接までは可及的に速やかに行うこと、などの操作が重要であることが示唆された。

### 結 論

寒天・アルジネート連合印象によるブリッジ歯型の三次元的寸法精度に及ぼす隣在歯の影響とその因子、および影響が現れる歯型の部位について検討を加えた結果、以下の結論が得られた。

1. 隣在歯の存在により支台歯歯型の歯頸部辺縁の近遠心的幅径は有意に小さくなった。
2. 隣在歯の存在によりブリッジ支台歯間の外側縁間距離は有意に短くなった。
3. 隣在歯の存在により両支台歯の中心間距離は短くなり、歯型上部より歯型下部の短縮変化の方が大きく、歯軸の変化が示唆された。
4. 歯型の寸法精度には隣在歯のアンダーカットの影響が大きいことが示唆された。
5. 寒天印象材とアルジネート印象材の接着強さは隣在歯のある印象の寸法精度に影響を及ぼす重要な因子であることが示唆された。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に終始御懇篤なるご指導とご校閲を賜りました奥羽大学歯学部歯科理工学講座主任長山克也教授に深甚の謝意を申し上げます。さらに、本研究の遂行にご協力をいただきました歯科理工学講座の各位に感謝致します。

本論文の要旨は第34回奥羽大学歯学会(平成14年11月9日 郡山)において発表した。

## 文 献

- 1) 野口八九重：鑄造。要説歯科理工学 第一版；145-203 書林 東京 1991.
- 2) 総山孝雄：鑄造修復；250-255 永末書店 京都 1968.
- 3) D E編集委員会：寒天・アルジネート連合印象法の実態調査. DE **117**；10-26 1996.
- 4) 大庭譲治：積層水膠材印象間接法の精度に関する研究. 口病誌 **46**；12-24 1979.
- 5) 猪原信俊，重頭直文，中尾勝彦，山田早苗：各種弾性印象材による模型の寸法精度について. 補綴臨床 **11**；243-257 1978.
- 6) 重頭直文，猪原信俊，山田早苗：弾性印象材の印象精度に関する研究，第2報 ポリエーテルラバー単一印象法とアルジネート・ハイドロコロイド連合印象法の寸法精度の比較について. 広大歯誌 **10**；98-108 1977.
- 7) 割田研司：方向の異なるポストの印象精度に関する研究—寒天-アルジネート連合印象—. 補綴誌 **31**；997-1010 1987.
- 8) 愛知徹也：両隣在歯を有するフルクラウン支台の印象採得精度に関する研究. 歯科学報 **84**；21-43 1984.
- 9) 内田博文，平口久子，中川久美，田辺直紀：寒天・アルジネート連合印象および付加型シリコン印象による歯型の寸法精度と全部鑄造冠の適合性. 歯材器 **20**；209-217 2001.
- 10) 猪原信俊：ブリッジ歯型の寸法精度に関する実験的研究. 広大歯誌 **9**；61-97 1997.
- 11) 木村幸平：間接法における鑄造冠外形の寸法精度に関する研究—各種間接法作業模型の寸法精度について—. 補綴誌 **19**；545-569 1976.
- 12) Appleby, D. C., Pameijer, C. H. and Boffa, J. : The combined reversible hydrocolloid/irreversible hydrocolloid impression system. J Prosthet Dent **44**；27-35 1980.
- 13) 大澤雅博，高木克子，島津和江，細田裕康：寒天・アルジネート連合印象法による歯型の寸法精度. 日歯保誌 **24**；195-208 1981.
- 14) 畦森雅子，松家洋子，山本 泰，的野良次ほか：寒天-アルジネート連合印象の寸法精度に影響を及ぼす因子について. 日歯保誌 **24**；288-294 1981.
- 15) Herring, H. W., Tames, M. A. and Zardiackas, L. D. : Comparison of the dimensional accuracy of a combined reversible/irreversible hydrocolloid impression system with other commonly used impression materials. J Prosthet Dent **52**；795-799 1984.
- 16) 立石 淳，深澤俊彦，中澤勝宏：寒天アルジネート連合印象法を用いた副歯型方式について. 歯科評論 **539**；127-138 1987.
- 17) 内田博文，土生博義：シアノアクリレート系接着剤を使用した寒天・アルジネート連合印象法の改良—接着強さおよび寸法精度の検討—. 歯材器 **15**；150-155 1996.
- 18) 須賀昭一，田熊庄三郎，佐々木 哲編：構造と組成. 歯の研究法；766-767 医歯薬出版 東京 1973.
- 19) 青木英夫，田端恒雄，横塚繁雄編：クラウン・ブリッジ補綴学；90-91 医歯薬出版 東京 1995.
- 20) 石川悟朗，小椋秀亮，塩田重利，砂田今男：新歯学大事典；413 永末書店 京都 1985.
- 21) Anusavice, K. J. : Phillips' science of dental materials 10th ed.；161-164 W. B. Saunders, 1996.
- 22) Craig, R. G. : Restorative dental materials 10th ed.；303-314 Mosby, 1996.
- 23) 西山 實，根本君也，長山克也編：スタンダード歯科理工学 改訂版；86-88 学建書院 東京 2000.
- 24) 土生博義，中川久美，平口久子：硬質石こうをテストする. DE **103**；22-33 1992.
- 25) 平口久子，関口悦郎，洪 慶豊，土生博義：三次元座標測定システムの歯科材料研究への応用（第2報）模型上および模型外における基準設定の検討. 日大歯学 **58**；130-136 1984.
- 26) 総山孝雄，岩久正明，黒崎紀正，高津寿夫ほか：積層水膠材印象間接法. 歯科評論 別冊 **441**；65-77 1979.
- 27) 平口久子，内田博文，田辺直紀，土生博義ほか：寒天・アルジネート連合印象の薬液消毒が模型の再現性に及ぼす影響. 歯材器 **17**；89-95 1998.
- 28) 川和忠治：シリコン印象の精度に関する研究 第2報 支台歯の寸法精度に対する隣在歯の影響. 補綴誌 **19**；158-169 1975.
- 29) 宮川 修，大野弘機，近藤清一郎，塩川延洋：アンダーカットをもつ原型の撤去時および撤去後における弾性印象材の変形 第1報 ポリサルファイドラバー印象材の場合. 歯理工誌 **11**；116-123 1970.
- 30) 王 俊彦，重頭直文，中尾勝彦，山田早苗ほか：アルジネート印象材とハイドロコロイド印象材の接合強さをテストする. DE **52**；22-30 1980.
- 31) 橋本邦彦，太田高之，野俣 裕，土生博義：寒天印象材をテストする—稠度，圧縮強さ，永久ひずみ，弾性ひずみ，アルジネートとの接合強さからみた評価—. DE **83**；14-25 1987.

著者への連絡先：鈴木郁男，(〒963-8611)郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科理工学講座  
 Reprint requests: Ikuo SUZUKI, Department of Dental Materials Science, Ohu University School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan